

修 士 論 文 の 和 文 要 旨

研究科・専攻	大学院 電気通信学研究科 電子工学専攻 博士前期課程
氏 名	前田 哲平
学籍番号	0732081
論 文 題 目	GaN の熱酸化による MOS キャパシタの作製と評価
要 旨	<p>GaN は大きなバンドギャップと化学的安定性のため、パワー素子や高温環境下で利用する電子デバイスとして注目されている。近年サファイア基板に成長させた GaN を基板に用いた MOS の研究が行われている。そこでは様々なゲート絶縁膜が用いられており、中でも GaN の熱酸化による Ga_2O_3 の界面が良好であると報告されている。一方で GaN/Sapphire を用いたデバイスではオーミックコンタクトを GaN 上に形成する必要があるが p-GaN では作製が難しい。そこで本研究では裏面でコンタクトのとれる Si 上に成長させた p-GaN (p-GaN/Si 基板) 及び n-GaN (n-GaN/Si 基板) の熱酸化による MOS キャパシタの作製を行う。また酸化膜と GaN 界面の特性のさらなる向上を目指し二種類の MOS 構造の作製及び評価を行った。</p> <p>MOS キャパシタのゲート絶縁膜作製では、酸化炉にて GaN の直接熱酸化を行うもの (Si スパッタなし) と、熱酸化前に基板の GaN 上に Si の薄膜を RF スパッタにより堆積してから熱酸化を行う試料 (Si スパッタあり) の二種類の試料を作製した。GaN 上に酸化膜を成長後、Al 蒸着により電極を作製し、最後に熱アニール処理を行った。酸化膜の評価には SEM・XPS による酸化膜の観察及び分析、また MOS の特性として電気的特性の評価を行った。</p> <p>Si スパッタなしの酸化膜の表面状態を SEM 像により分析したところ、酸化温度の上昇に伴い表面の粒子状の酸化物が成長していることが分かった。粒子の大きさは 880°C において 100nm 前後の大きさであるが、酸化温度が上昇するにつれて 200nm 前後まで成長した。特に 1100°C の酸化物においては 950°C までの酸化物とは構造が異なり粒子の大きさが $1\mu\text{m}$ 程度まで成長しており、酸化膜表面にクラックが発生した。これは 1000°C 程度の高温で GaN を酸化すると温度による影響で GaN が分解してしまうことによるものである。1100°C の酸化では表面の凹凸が非常に荒く、MOS 構造におけるゲート絶縁膜に適さない。Si スパッタありでは Si スパッタなしの酸化膜表面上に粒子状の構造物は見られず、膜状の酸化物が形成されている事がわかる。これは Si スパッタにより堆積した Si 薄膜が酸化されることによって酸化膜が形成され、GaN は酸化膜表面上には影響を与えていないことがわかる。</p> <p>XPS の分析より、Si スパッタなしの酸化膜は $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ で組成され、oxide/GaN 界面では $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{N}$ の混在する Ga 酸窒化物層が見られた。Si スパッタを行った酸化膜は基本的には Si 酸化膜であるが、界面において Ga 酸化物と Si 酸化物の組成が確認された。</p> <p>I-V 測定において Si スパッタなしの酸化膜を用いた MOS では絶縁破壊電界が 1MV/cm 以下であり、特に 880°C の試料については絶縁破壊電界が 0.58MV/cm ($>1\mu\text{A/cm}^2$) であり、絶縁性は低い。これはゲート絶縁膜である Ga_2O_3 と GaN 界面において Ga 酸窒化物層が存在し、リーク電流の原因となると考えられる。また GaN と $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 間において伝導帯バンドオフセットが小さいことも原因であると考えられる。Si スパッタありの試料では Si スパッタなしの試料と比較して 880°C において絶縁破壊電界 2.9MV/cm であり絶縁性の向上が見られる。</p> <p>C-V 測定において Si スパッタありの場合、Si スパッタなしよりも大きなヒステリシスが観測された。これは酸化膜中に発生する酸化膜トラップ電荷 (酸化膜に生じた膜構造の欠陥でキャリアの捕獲準位として働き、キャリアを捕獲後は電荷となる) の影響や酸化膜における可動電荷により発生すると考えられる。また、C-V 曲線がなだらかに変化することから酸化膜と GaN 界面に生じる界面準位の影響が考えられる。n-GaN/Si 基板の MOS と比較して p-GaN/Si の試料がより大きなヒステリシスが観測されるが、それは GaN 基板表面において p-GaN の方が構造欠陥が多く、酸化膜作製工程において界面での影響が大きくなると考えられる。</p>